

Kauan Bassetto dos Santos

Morfologia de populações de *Enyalius iheringii* (Squamata: Leiosauridae) de regiões insulares e continental do Leste do Estado de Santa Catarina

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido(a) ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do Grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.
Orientador: Prof. Dr. Selvino Neckel de
Oliveira

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Santos, Kauan Bassetto dos
Morfologia de populações de *Enyalius iheringii*
(Squamata: Leiosauridae) de regiões insulares e
continental do Leste do Estado de Santa Catarina /
Kauan Bassetto dos Santos ; orientador, Selvino
Neckel Oliveira, 2018.
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Biogeografia. 3.
Pleistoceno. 4. Lagartos. 5. Morfometria. I. Neckel
Oliveira, Selvino. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas.
III. Título.

Kauan Bassetto dos Santos

Morfologia de populações de *Enyalius iheringii* (Squamata: Leiosauridae) de regiões insulares e continental do Leste do Estado de Santa Catarina

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Ciências Biológicas e aprovada em sua forma final pela Banca Examinadora.

Florianópolis, 01 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Carlos Roberto Zanetti

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Selvino Neckel de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Guilherme Rocha Brito
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Tobias Saraiva Kunz

Esse trabalho é dedicado a todos os
Enyalius empoleirados por aí.

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer coisa gostaria de agradecer aos meus pais, que sempre apoiaram as minhas decisões, por mais difíceis que algumas delas tenham sido de entender, e que mesmo a centenas de quilômetros sempre me transmitiram carinho, confiança e determinação para continuar com os meus objetivos.

Agradeço ao meu orientador Selvino pela oportunidade de conhecer e fazer parte do LEAR, pelo conhecimento acadêmico e aquele além da academia. E também não posso deixar de agradecer aqui o jeito bem-humorado de sempre, o que fez muita diferença nos momentos de pressão.

Agradeço ao Vítor por toda a ajuda desde quando entrei no laboratório, pelos ensinamentos, conversas, campos, risadas e puxões de orelha clássicos, tudo isso foi muito importante para mim. Ao Bruno (Bigo) por ter me motivado a entrar no laboratório, a conhecer mais sobre a Herpetologia e por me ajudar a desenvolver a ideia inicial do trabalho com os lagartos das ilhas que hoje se concretizou nesse TCC. Ao Leo pela ajuda com as dúvidas que surgiram durante esse trabalho e também por se tornar um grande amigo durante a nossa convivência juntos.

Gostaria de agradecer também a Ma, por toda a ajuda e parceria sempre durante esses anos de graduação, e ainda mais pela amizade e pelos momentos felizes.

Obrigado a todos os amigos que fiz durante a graduação, que compartilharam momentos os quais vão ficar guardados na memória e que sem dúvida contribuíram para a minha formação. Gostaria de agradecer especialmente ao pessoal da Atlética, pelos anos de Horas Felizes, Interbios e pelo esporte, claro. Aos meus irmãos do Los Primatas, contribuindo com as pausas do trampo, bares, pelos momentos musicais e é claro por aquele Philly Cheese no Primata nos almoços de quinta-feira. A galera da banda Somitos e Seus Anexos Embrionários, por todos os shows e reuniões nos bares, os quais foram muito importantes para a minha sanidade mental. Aos meus amigos do LEAR pelos conhecimentos, campos e risadas durante esses anos.

Quero agradecer também ao meu supervisor de estágio Fernando Brüggemann por todo a aprendizado durante esses dois anos de convivência e ao Hotel Plaza Caldas da Imperatriz pela oportunidade de ter estagiado nesse lugar incrível que é o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

E por fim, agradeço a todos os professores com quem tive a oportunidade de aprender durante a graduação. Sobre tudo àqueles que me

inspiraram em continuar no meio acadêmico, o qual não imaginei que iria cogitar um dia.

RESUMO

A formação das ilhas do litoral catarinense durante o Pleistoceno isolou populações de espécies de animais continentais, e provavelmente pode ter gerado populações insulares com distintas características morfológicas. O lagarto *Enyalius iheringii* tem sua distribuição geográfica conhecida desde o estado do Rio de Janeiro até o estado do Rio Grande do Sul. Na região leste de Santa Catarina, suas populações têm sido encontradas nas Ilhas de Santa Catarina e Arvoredo, bem como em distintas localidades da região continental. Esse estudo comparou características morfológicas de indivíduos adultos de *E. iheringii* entre as populações de regiões insulares e continental da região leste do Estado de Santa Catarina. Para isso, foram feitas medidas morfométricas clássica e geométrica de 48 indivíduos de *E. iheringii*. A morfometria clássica indicou que o tamanho do corpo dos lagartos não variou entre as populações das ilhas e do continente. Contudo, a morfometria geométrica indicou que a morfologia da cabeça dos indivíduos das populações das ilhas difere daqueles do continente. A dissimilaridade entre a forma da cabeça dos indivíduos das populações das ilhas e do continente pode representar a ação de diferentes pressões ecológicas entre elas. A similaridade de tamanho entre as populações das ilhas e do continente sugere que os eventos geológicos que ocorreram durante o Pleistoceno, como o isolamento de populações não foram fortes suficientes para causar divergências sobre esse atributo. Esse resultado também pode indicar que as populações estão utilizando recursos alimentares com valores energéticos similares.

Palavras-chave: Biogeografia, Pleistoceno, Ilhas, Lagartos, Morfometria.

ABSTRACT

The formation of the islands of Santa Catarina's coast during the Pleistocene isolated populations of animal species from the continental ones, and may have generated populations with different morphological characteristics. The *Enyalius iheringii* lizard has its geographical distribution known from the state of Rio de Janeiro to the state of Rio Grande do Sul. In the eastern region of Santa Catarina, its populations have been found in the islands of Santa Catarina and Arvoredo, as well as in different locations of the continental region. This study compared morphological characteristics of adult individuals of *E. iheringii* among the islands' populations and continental regions of eastern Santa Catarina. For the morphological comparisons, classical and geometric morphometric measurements of 48 individuals of *E. iheringii* were made. The classical morphometry indicated that the lizards' body size did not differ between the populations of the islands and the mainland. However, geometric morphometry indicated that the head morphology of islands' populations differs from the mainland. The dissimilarity between the individuals' head shape of the islands' populations and the continent ones can represent the action of different ecological pressures between them. The similarity of size between the populations of the islands and the mainland suggests that the geological events which occurred during the Pleistocene, such as the isolation of populations, were not strong enough to cause divergences on this attribute. It can also mean that the populations are using food resources with similar energy values.

Keywords: Biogeography, Pleistocene, Islands, Lizards, Morphometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa mostrando os municípios e localidades onde foram feitas as coletas de <i>Enyalius iheringii</i> e tombados na CHUFSC.....	21
Figura 2 - Indivíduo de <i>E. iheringii</i> tendo seu comprimento rostro-cloacal medido em laboratório.....	22
Figura 3 - Obtenção das fotos de um indivíduo de <i>E. iheringii</i> em laboratório (A) e digitalização das fotos em vista lateral (C) e em vista dorsal (B) indicando os <i>landmarks</i> (pontos vermelhos).....	23
Figura 4 - Comprimento rostro-cloacal (CRC) de fêmeas (círculos) e machos (quadrados) registrados nas localidades do continente e das ilhas do Arvoredo e de Santa Catarina.....	25
Figura 5 - Diagrama de dispersão das fêmeas dos dois grupos no espaço dos componentes principais para a vista dorsal (A) e lateral (B).....	27
Figura 6 - Diagrama de dispersão dos machos dos dois grupos no espaço dos componentes principais para a vista dorsal (A) e lateral (B).....	28
Figura 7 - Diferença da forma da vista dorsal (A) e lateral (B) das fêmeas do continente para as ilhas.....	29
Figura 8 - Diferença da forma da vista dorsal (A) e lateral (B) dos machos do continente para as ilhas.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivos	19
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1	Área de Estudo	20
2.2	Coleta dos dados	22
2.3	Análises estatísticas.....	24
3	RESULTADOS.....	25
4	DISCUSSÃO.....	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
6	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O campo da biogeografia é uma das áreas da ciência que estuda os processos históricos, evolucionários e ecológicos por trás da distribuição das espécies (FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2016). Ela se encarrega de investigar todas as escalas possíveis da distribuição da vida através do espaço e do tempo (WHITTAKER et al., 2005). Uma das frentes mais ativas na biogeografia são os estudos sobre as dinâmicas ocorridas durante o Pleistoceno e como elas afetaram o desenvolvimento histórico da biota (LOMOLINO, 2001).

Durante o Pleistoceno o nível do mar apresentou variações em decorrência dos chamados ciclos glaciais-interglaciais (BROWN; LOMOLINO, 2006). Segundo Guilderson et al., (2000), esse nível estava 150 metros menor em relação ao nível atual na costa da Argentina. Para Corrêa (1996), na região sul do Brasil o nível do mar estava no mínimo a 120 metros abaixo do nível atual no último máximo glacial (~20.000 anos atrás) e durante o Holoceno (~11.000 anos atrás) o nível teria subido acima do nível atual e regredido até o que conhecemos atualmente (COOPER et al., 2018). Estudos tem sugerido que essas variações do nível do mar nesse período causaram distintos eventos de extinção, especiação e alterações na distribuição de animais e plantas (AVISE; WALKER, 1998; VAN DER HAMMEN, 1974). Esses eventos ocorreram principalmente pelo isolamento de populações em ilhas, separando daquelas do continente (WHITTAKER; FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2007).

Segundo Lomolino (2005), a evolução do tamanho corporal dos indivíduos de populações de ilhas pode ser uma resposta as pressões ambientais e devido a diferenças nas interações ecológicas, potencial de dispersão e recursos dos ambientes insulares quando comparados com os ambientes continentais. A teoria da Regra de Ilhas ou Regra Insular prevê que indivíduos do continente com tamanho grande tendem ao nanismo em ilhas e que indivíduos continentais pequenos tendem ao gigantismo em ilhas (VAN VALEN, 1973).

Van Valen (1973) fundamentou a regra insular para mamíferos, e posteriormente Lomolino (2005) demonstrou que ela poderia ser generalizada para outros grupos de vertebrados terrestres. A diferenciação morfológica em populações insulares foi estudada em grupos taxonômicos como: pequenos roedores, marsupiais, ungulados, aves e serpentes (e.g. FOSTER, 1964; GRANT, 1965; LAWLOR, 1982; LOMOLINO, 2005; MARQUES; MARTINS; SAZIMA, 2002). De acordo com estes estudos, as espécies de vertebrados que apresentam

populações insulares e continentais, podem diferenciar-se morfologicamente por uma série de características como a utilização de nicho e/ou disponibilidade de recursos (FOSTER, 1964; MEIRI, 2007).

Estudos com populações de distintas espécies de lagartos também demonstram mudanças na morfologia dos indivíduos de populações insulares e continentais principalmente com relação ao tamanho corporal, como observado para *Anolis nebulosus* no México (SENCZUK et al., 2014) e *Podarcis gaigeae* na costa da Grécia (RUNEMARK; SAGONAS; SVENSSON, 2015) e para a forma da cabeça como mostrado para *Lacerta trilineata* no Mediterrâneo (SAGONAS et al., 2014) e *Liolaemus pictus* na costa do Chile (VIDAL; VELOSO; MÉNDEZ, 2006).

O gênero *Enyalius* Wagler, 1830, família Leiosauridae é composto por dez espécies de lagartos que ocorrem principalmente na Mata Atlântica, além da Amazônia, Cerrado e Caatinga (BARRETO-LIMA, 2012; RODRIGUES et al., 2014). Os lagartos do gênero *Enyalius* são arborícolas e semi-arborícolas, de tamanho médio, com um comprimento rostro-cloacal máximo de 140 mm e com acentuado dicromatismo sexual (ETHERIDGE, 1969; RODRIGUES et al., 2014).

Enyalius iheringii é uma espécie majoritariamente arborícola, podendo também forragear sobre a serapilheira a procura de pequenos artrópodes (RAUTENBERG; LAPS, 2010). Diferentemente do observado para *E. pictus* e *E. brasiliensis*, *E. iheringii* não possui a capacidade de fazer autotomia caudal (ETHERIDGE, 1969). Sua distribuição geográfica vai desde o estado do Rio Grande do Sul até o estado do Rio de Janeiro (COSTA; BÉRNILS, 2018). Em Santa Catarina essa espécie ocorre na região leste do estado, incluindo as Ilhas de Santa Catarina e do Arvoredo.

As informações acerca da ecologia e morfologia das espécies de lagartos da Floresta Atlântica brasileira são escassos (VAN SLUYS; FERREIRA; ROCHA, 2004) e os trabalhos com o gênero *Enyalius* são restritos ao hábito alimentar e ao uso de micro-habitat (e.g. LIOU, 2008; SAZIMA; HADDAD, 1992; ZAMPROGNO; ZAMPROGNO; TEIXEIRA, 2001). Sendo assim, sabendo que *E. iheringii* ocorre na parte continental do estado de Santa Catarina, na Ilha de Santa Catarina, na Ilha do Arvoredo e uma vez que estas áreas se encontram separadas pelo mar desde o último máximo glacial, nós hipotetizamos que o isolamento das populações insulares causou divergências em seus atributos morfológicos, tanto de tamanho quanto de forma do corpo dos indivíduos em relação a aquelas continentais.

1.1 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho foi de verificar qual a relação entre a morfologia das populações de *E. iheringii* das ilhas e do continente. Através da análise morfológica buscou-se responder especificamente as seguintes perguntas:

- Existe uma relação de gigantismo ou nanismo entre as populações das ilhas e do continente?
- Há alguma mudança de forma entre as populações das ilhas e do continente?

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Esse estudo contemplou 17 localidades da porção continental e das Ilhas do Arvoredo e de Santa Catarina, região leste do Estado de Santa Catarina (Figura 1). Estas localidades foram analisadas devido a presença de indivíduos *E. iheringii* na Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Santa Catarina (CHUFSC).

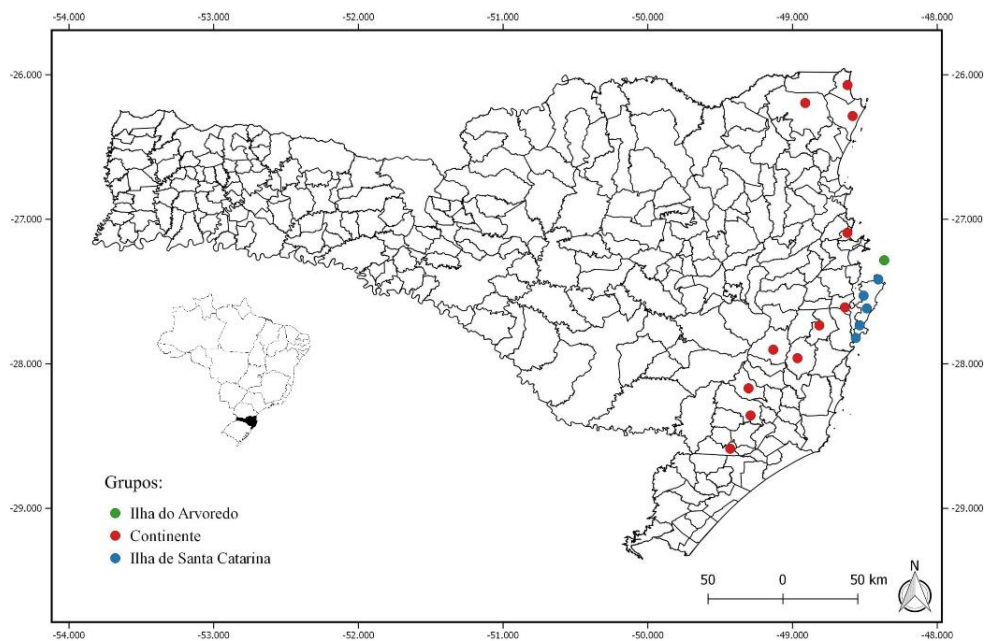
A região leste do Estado de Santa Catarina está dentro da macrorregião do Litoral e Encostas que se estende da Serra Geral e um pequeno trecho da Serra do Mar até o litoral (JÚNIOR, 1986). A Região do Litoral e Encostas é caracterizada pela Floresta Ombrófila Densa, que está inserida no Bioma Mata Atlântica (LINGNER et al., 2013). Segundo Klein et al. (1978), sua cobertura vegetal correspondia originalmente a cerca de 31% do território do estado e atualmente resta em torno de 40,38% dessa cobertura original (VIBRANS et al., 2013).

A Floresta Ombrófila Densa caracteriza-se por árvores com altura entre 20 e 30 metros apresentando copas entrelaçadas e com brotos foliares sem proteção contra baixas temperaturas e umidade (LINGNER et al., 2013). O clima da região litorânea de Santa Catarina é do tipo mesotérmico úmido (Cfa) segundo a classificação do modelo de Köppen, apresentando verões quentes e precipitação bem distribuída ao longo do ano (PORTO-FILHO, 1993).

A Ilha de Santa Catarina e a Ilha do Arvoredo estão localizadas na plataforma continental da região do litoral catarinense (ANGULO; LESSA, 1997). A Ilha de Santa Catarina está inserida no território do município de Florianópolis, compreendendo a sua porção insular (SILVA; FILHO, 2014). Ela tem uma área de cerca de 431 km² e está a uma distância em torno de 600 metros do continente (MAZZER; DILLENBURG, 2009). Segundo Campos (2011), a maior profundidade registrada para a baía da Ilha de Santa Catarina é de 30 metros.

A Ilha do Arvoredo tem uma área de 3,5 km² e está situada a 11 km ao norte da Ilha de Santa Catarina, e é parte integral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (BRANCO, 2004; TOMAZZOLI; LIMA, 2006). A profundidade ao redor da Ilha do Arvoredo varia entre três e quarenta metros de profundidade (MACHADO, 2006).

Figura 1 - Mapa mostrando os municípios e localidades onde foram feitas as coletas de *Enyalius iheringii* e tombados na CHUFSC.



2.2 Coleta dos dados

A partir do livro tombo da CHUFSC foi feito um levantamento dos indivíduos de *E. iheringii* depositados na coleção. Nesse estudo foram considerados somente aqueles indivíduos em bom estado de conservação e com informações do local de coleta. A partir dos locais de coleta, os indivíduos foram divididos em dois grupos: continente e ilhas.

Para cada indivíduo de *E. iheringii* foi medido o seu comprimento rostro-cloacal (CRC). O CRC é a distância entre a ponta do focinho e a margem posterior da cloaca (KÖHLER, 2014) e foi mensurada utilizando um paquímetro (precisão 0,01 mm) (Figura 2).

Figura 2. Indivíduo de *E. iheringii* tendo seu comprimento rostro-cloacal medido em laboratório.

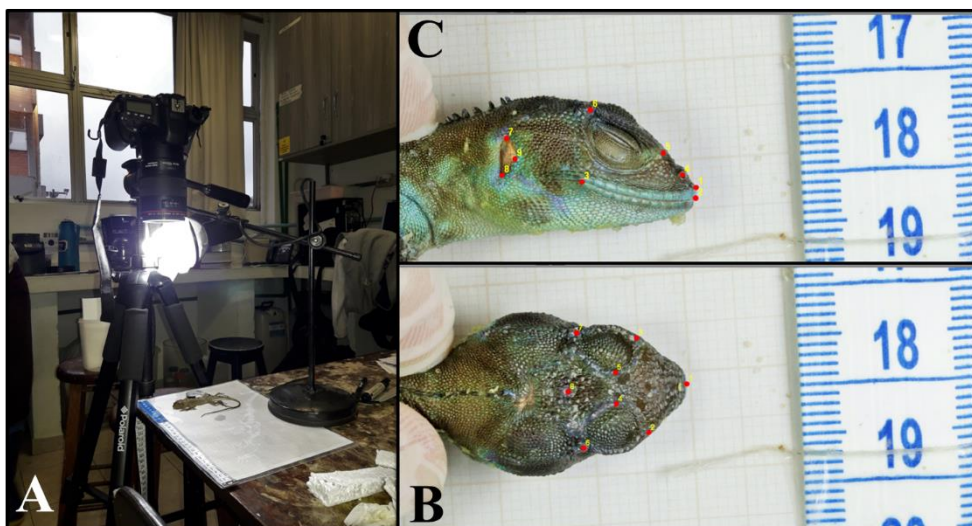


Posteriormente, cada indivíduo teve sua cabeça fotografada em vista lateral direita e dorsal. As fotos foram feitas com uma câmera Canon 80D com lente macro de 100 mm acoplada a um tripé, estabelecendo um ângulo de 90° entre a câmera e o animal (FIGURA 3.A). A câmera foi posicionada a 30 cm de distância do animal; o mesmo ficou sobre um papel milimetrado, com uma fita métrica ao lado servindo como escala.

A morfometria geométrica utiliza marcos anatômicos homólogos (*landmarks*), ou seja, áreas do corpo do animal que possam ser identificadas e marcadas em cada indivíduo. No total foram definidos oito

landmarks para a vista dorsal e nove para a vista lateral (FIGURA 2.B e 2.C). Os *landmarks* foram definidos de acordo com Vidal et al. (2006), com adaptações para o gênero *Enyalius*. Os *landmarks* foram digitalizados utilizando o programa TPSDig2 (ROHLF, 2006).

Figura 3. Obtenção das fotos de um indivíduo de *E. iheringii* em laboratório (A) e digitalização das fotos em vista lateral (C) e em vista dorsal (B) indicando os *landmarks* (pontos vermelhos).



2.3 Análises estatísticas

Para testar se há diferença de tamanho dos indivíduos entre as ilhas (primeiro grupo) e o continente (segundo grupo), foi realizado o teste *T-Student*. Como a espécie *E. iheringii* possui dimorfismo sexual de tamanho (JACKSON, 1978), ou seja, as fêmeas apresentam tamanho corporal maior com relação aos machos, as análises foram feitas separadamente, uma para machos e outra para fêmeas. O agrupamento dos indivíduos das ilhas foi realizado devido ao tamanho amostral pequeno de cada ilha. Os indivíduos com CRC menor que 60 mm foram considerados como jovens, devido a dificuldade em identificar as características sexuais e assim retirados da análise. As análises de morfometria clássica foram realizadas no programa R (TEAM, 2018).

As análises dos *landmarks* foram feitas integralmente através do programa específico para morfometria geométrica MorphoJ (KLINGENBERG, 2011) e foram realizadas separadamente para a vista dorsal e lateral, ou seja, utilizando modelos com duas dimensões para cada vista. Primeiramente foi realizada uma análise de Procrustes para alinhar os *landmarks* de todos os espécimes, centraliza-los no mesmo ponto e remover as diferenças de tamanho, deixando as diferenças entre as coordenadas dos *landmarks* refletirem somente a configuração de forma (SLICE, 2007).

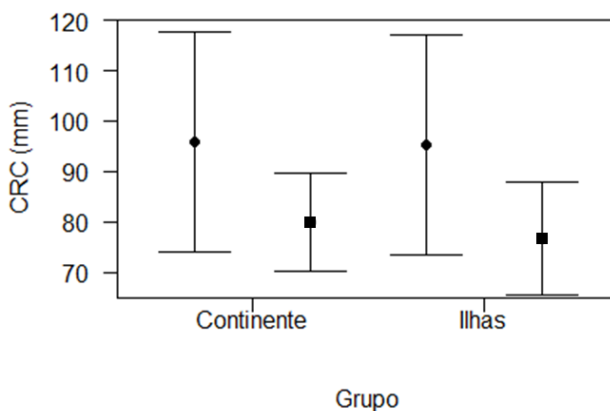
Não existem informações sobre a existência de dimorfismo sexual para a forma da cabeça de *E. iheringii*, dessa forma foi realizado um teste preliminar de Procrustes ANOVA para se investigar essa relação. Segundo o teste preliminar, os machos e fêmeas do continente apresentam formas diferentes (face dorsal: $F = 33,31$; $df = 6$; $p\text{-value} = 0,0002$) (face lateral: $F = 3,10$; $df = 14$; $p\text{-value} = 0,0358$), assim como os machos e fêmeas das ilhas (face dorsal: $F = 4,85$; $df = 6$; $p\text{-value} = 0,0380$) (face lateral: $F = 2,83$; $df = 14$; $p\text{-value} = 0,0006$). Sendo assim, as análises de forma da cabeça foram feitas separadamente para machos e fêmeas.

Para testar se existe variação significativa na forma da cabeça dos indivíduos entre ilhas e continente foi utilizada a função Procrustes ANOVA. Em seguida, foi realizada uma Análise de Componentes Principais para visualizar a relação da forma da cabeça entre os indivíduos dos dois grupos e investigar a existência de algum padrão. Por fim, foi feita uma Análise Discriminante para identificar quais *landmarks* estão relacionados com as diferenças de forma entre os grupos. As análises estatísticas foram feitas no programa MorphoJ.

3 Resultados

No total foram analisados 48 indivíduos de *E. iheringii*, sendo 29 machos, 17 fêmeas e 2 juvenis (indivíduos menores do que 60 mm). O continente foi o grupo que apresentou maior número de indivíduos (28), seguido pela Ilha do Arvoredo (11) e a Ilha de Santa Catarina (09). O CRC médio dos machos do continente foi de 79,92 cm ($\pm 9,61$) e das ilhas foi de 76,58 cm ($\pm 11,17$) (Figura 4). Para os machos o teste *T-student* mostrou não haver diferença no tamanho ($t = -0.82308$, $df = 18.825$, $p\text{-value} = 0.4208$). O CRC médio das fêmeas foi de 95,95 cm ($\pm 21,88$) para o continente e de 95,26 cm ($\pm 21,85$) para as ilhas. Segundo o resultado do teste de *T-Student* para média do tamanho das fêmeas do continente e das ilhas, o tamanho entre os grupos não difere ($t = -0.06524$, $df = 14.771$, $p\text{-value} = 0.9489$).

Figura 4. Comprimento rostro-cloacal (CRC) de fêmeas (círculos) e machos (quadrados) de *E. iheringii* registrados nas localidades do continente e das ilhas do Arvoredo e de Santa Catarina.



Para a morfometria geométrica a análise de Procrustes ANOVA indicou diferença significativa entre a forma da cabeça dos indivíduos de *E. iheringii* entre as populações insulares e continental, tanto para face dorsal de machos ($F = 0,57$; $df = 1$; $p\text{-value} = 0,0070$) e fêmeas ($F = 20,84$; $df = 6$; $p\text{-value} = 0,0009$), quanto para a face lateral de machos ($F = 1,94$; $df = 14$; $p\text{-value} = 0,0215$) e fêmeas ($F = 1,88$; $df = 14$; $p\text{-value} = 0,0300$).

A Análise de Componentes Principais (ACP) apresentou as relações de forma da cabeça entre os animais de *E. iheringii* das ilhas e do continente plotados nos dois eixos principais de representação. As Figuras 5 e 6 demonstram os pontos da ACP plotados a partir das coordenadas de forma para cada indivíduo onde é possível observar o agrupamento dos pontos com formas mais parecidas.

A figura 5.A representa a ACP para a vista dorsal das fêmeas onde o eixo CP1 e o CP2 explicaram 45,09% e 29,53% da variância de forma, respectivamente. Na figura 5.B a ACP para a vista lateral das fêmeas indica que o eixo CP1 explicou 44,19% da variância de forma enquanto o CP2 explicou 17,35%. A ACP para a vista dorsal dos machos (Figura 6.A) indicou que o eixo CP1 e o CP2 explicaram respectivamente 60,83% e 21,21% da variância de forma. Para a vista lateral dos machos, o eixo CP1 explicou 37,62% da variância e o eixo CP2 explicou 20,67%.

Figura 5. Diagrama de dispersão das fêmeas de *E. iheringii* dos dois grupos no espaço dos componentes principais para a vista dorsal (A) e lateral (B).

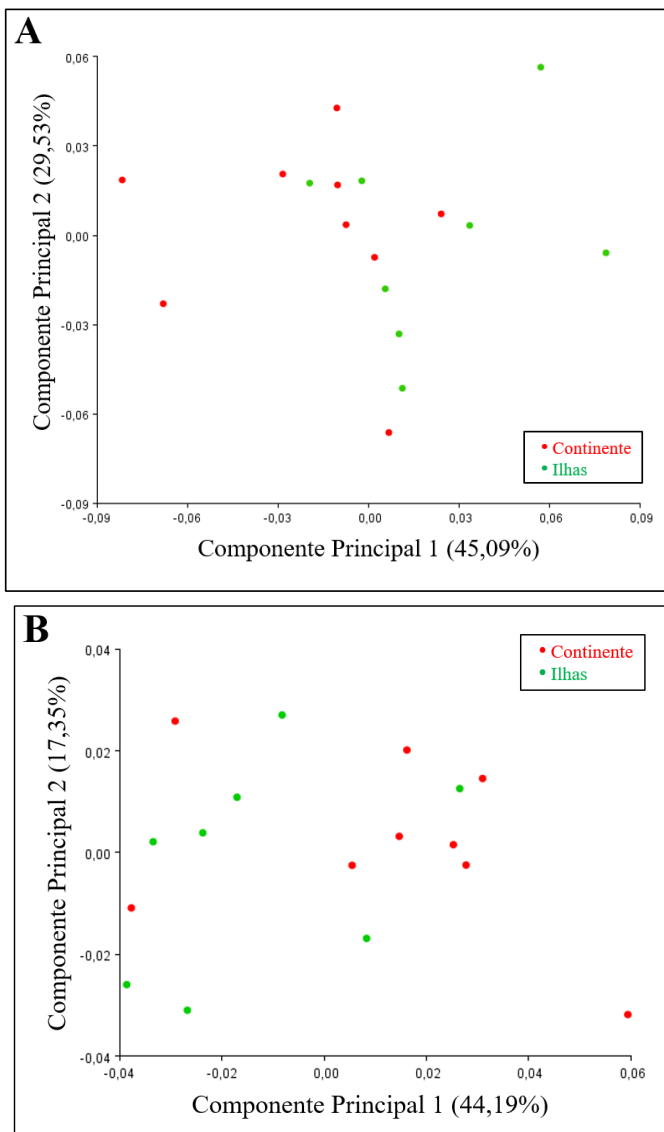
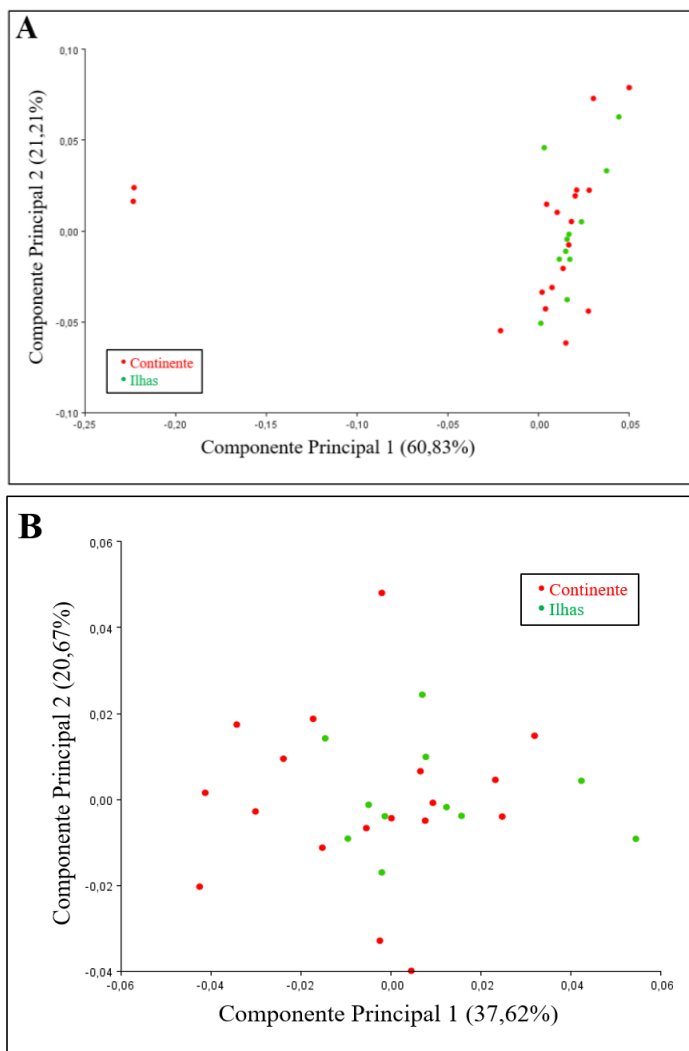


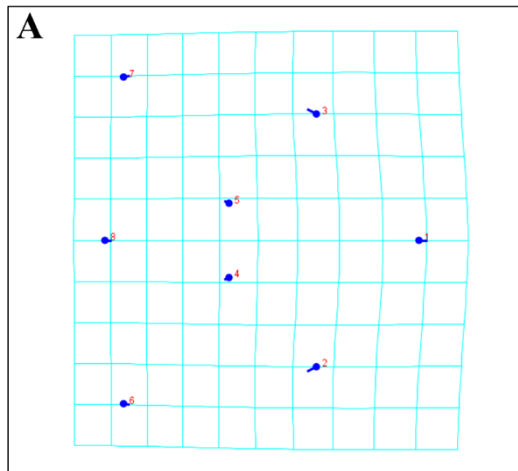
Figura 6. Diagrama de dispersão dos machos de *E. iheringii* dos dois grupos no espaço dos componentes principais para a vista dorsal (A) e lateral (B).

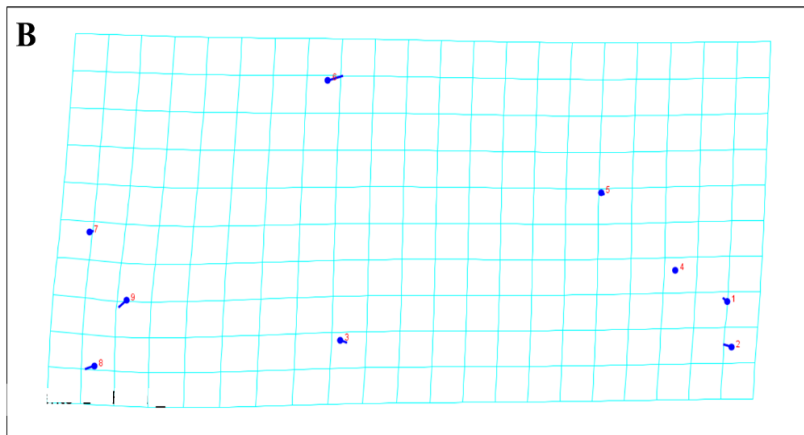


Os pontos da Figura 7 e 8 representam a forma média dos indivíduos do continente e as linhas demonstram a diferença de deformação para a forma média da cabeça dos indivíduos das ilhas. A

análise discriminante demonstrou que para a vista dorsal da cabeça dos indivíduos de *E. iheringii* os *landmarks* que apresentaram maior variação nas fêmeas do continente para as ilhas foram os *landmarks* 1, 2, 3, 6, 7 (Figura 7.A). O *landmark* 1 está relacionado com a forma do focinho, enquanto que os pontos 2, 3, 6 e 7 à forma da crista supraocular. Para a vista lateral os pontos que apresentaram a maior variação entre o continente e as ilhas foram os pontos 2, 3, 6, 8 e 9 (Figura 7.B). Os *landmarks* 2 e 3 da vista lateral estão relacionados com a forma da boca; o *landmark* 6 está relacionado com a forma da crista supraocular; e por fim os *landmarks* 8 e 9 relacionam-se para definir a forma da abertura do tímpano.

Figura 7. Diferença da forma da vista dorsal (A) e lateral (B) das fêmeas de *E. iheringii* do continente para as ilhas.

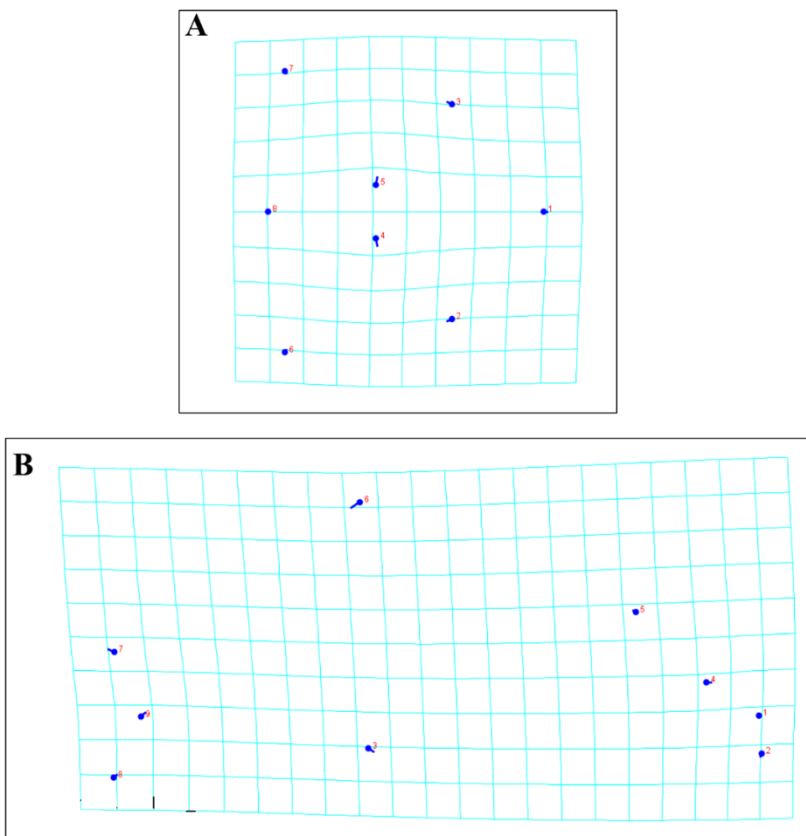




Segundo os resultados de variação de forma para a vista dorsal da cabeça das fêmeas de *E. iheringii*, os indivíduos do continente diferem na forma do focinho e da crista supraocular com relação aos indivíduos das ilhas. Para a face lateral, a diferença da crista supraocular continua evidenciada pelo *landmark* 6, enquanto os *landmarks* 8 e 9 demonstram diferenças na forma do tímpano.

Com relação aos machos de *E. iheringii* a análise discriminante demonstrou que para a face dorsal os *landmarks* que diferiram mais dos indivíduos do continente para as ilhas foram os pontos 2, 3, 4 e 5 (Figura 8.A). Na face dorsal os *landmarks* 2 e 3 estão relacionados com a forma da crista supraocular e enquanto os 3 e 4 relacionam-se com o arranjo das escamas. Na figura 8.B os pontos que mais explicam as diferenças da vista lateral do continente para a ilha foram os *landmarks* 3, 4, 6, 7, e 9. O *landmark* 3 está relacionado com a forma da boca; o *landmark* 4 indica a posição da narina; a forma da crista ocular está relacionada com o *landmark* 6, enquanto que os *landmarks* 7 e 9 estão associados com a forma da abertura do tímpano.

Figura 8. Diferença da forma da vista dorsal (A) e lateral (B) dos machos de *E. iheringii* do continente para as ilhas.



A partir dos resultados da variação de forma para a vista dorsal dos machos de *E. iheringii*, o continente difere das ilhas com relação a forma da crista supraocular e do arranjo das escamas dorsais. Na vista lateral, os *landmarks* indicam haver uma diferença na forma da boca, crista supraocular, abertura do tímpano e posição da narina.

4 DISCUSSÃO

O resultado da morfometria geométrica da região dorsal e lateral da cabeça de *E. iheringii* mostrou que as populações das ilhas apresentam diferenças na forma do focinho, tímpano e da crista supraocular no caso das fêmeas, e forma da crista supraocular, boca e tímpano para os machos, com relação à população do continente. Isso pode estar relacionado com uma diferença de alimentação e forrageio, uma vez que as ilhas podem apresentar diferentes tipos de itens alimentares disponíveis. Ainda, a diferenciação do tímpano pode estar relacionada com a presença de predadores distintos dos encontrados no continente e essa mudança ser uma adaptação de defesa. Esse resultado indica que as populações das ilhas devem ter ficado isoladas do continente em eventos de vicariância como observado em estudos com lagartos (e.g. ARNTZEN; SÁ-SOUSA, 2007; RUNEMARK et al., 2012) e serpentes (e.g. GRAZZIOTIN et al., 2006; MARQUES; MARTINS; SAZIMA, 2002). Segundo Souza (2007), durante o período do Quaternário ocorreram quatro eventos transgressivos e regressivos do nível relativo do mar na região da Ilha de Santa Catarina, indicando a probabilidade de isolamento das populações das ilhas durante algum desses eventos.

Até o momento não existem estudos abordando a capacidade de dispersão dos lagartos do gênero *Enyalius*, mas uma vez que eles apresentam hábitos arborícolas e tem uma dependência da floresta é difícil afirmar qual seria a capacidade de transpor uma matriz aquática com uma distância de 11 Km, como no caso da Ilha do Arvoredo para o continente. Por outro lado, é conhecido que algumas espécies de lagartos podem se dispersar e colonizar ilhas oceânicas isoladas através do *rafting*, que consiste basicamente em flutuar pela água à deriva ou boiar em pedaços de vegetação (FISHER, 1997).

As populações insulares estão expostas a pressões ecológicas diferentes daquelas do continente e podem evoluir de maneira diferente por razões distintas. Fatores como competição intraespecífica, disponibilidade de comida e ausência de predadores podem acarretar consequentemente em diferenças morfológicas (CLEGG; OWENS, 2002; VIDAL; VELOSO; MÉNDEZ, 2006).

Por outro lado, essas diferenças podem estar relacionadas com a dieta dos lagartos das ilhas, uma vez que a mudança na estruturação da comunidade pode resultar em mudanças no nicho alimentar dos indivíduos (SAGONAZ et al., 2014). Nesse caso, a utilização de recursos alimentares diferentes poderia contribuir com a diferenciação da forma da cabeça entre as populações insulares e continental. Resultado semelhante

foi encontrado por Vidal et al. (2006), em que as populações de lagartos insulares e continentais divergiram em sua dieta e morfologia.

Além disso, os resultados das análises preliminares para dimorfismo sexual de forma revelaram que além do tamanho, machos e fêmeas de *E. iheringii* apresentam diferenças da forma da cabeça, dado inexistente para a espécie até o término do presente trabalho.

Os resultados da morfometria clássica para o tamanho médio do CRC das populações de *E. iheringii* mostraram não haver uma relação de gigantismo ou nanismo entre as populações das ilhas e do continente como o esperado pela Regra de Ilhas. Em seu estudo, Arntzen & Sá-Sousa (2007) encontraram um padrão de gigantismo para os lagartos do gênero *Podarcis* da Ilha de Arosa e Oswald (2016) encontrou a mesma relação com a população do anuro do complexo *Ischnocnema manezinho* da Ilha do Arvoredo.

Segundo Boback & Guyer (2003), a área da ilha e a distância de isolamento em relação ao continente não mostraram influências sobre a variação de tamanho corporal das populações de serpentes. Em seu trabalho, Pafilis et al. (2009) demonstrou que o gigantismo em lagartos de ilhas pode estar relacionado com uma grande disponibilidade de recursos alimentares. Uma vez que o tamanho dos lagartos das ilhas não diferiu do continente, esses podem estar expostos à uma quantidade de recursos energéticos similares ao do continente, mesmo que o tipo de recurso seja diferente.

De acordo com Meiri (2007), o tamanho corporal em lagartos é influenciado principalmente pela disponibilidade de recursos. Sendo assim, há um grande suporte para que as populações das ilhas estejam utilizando recursos diferentes, contudo, de valor energético similar. Esse resultado explica como os indivíduos das ilhas apresentam diferenças entre as formas da cabeça, uma vez que podem estar se alimentando de recursos diferentes. Entretanto, há uma relação igual de tamanho entre elas o que pode ser explicado em decorrência do consumo de alimentos com quantidades parecidas de valor nutricional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados acerca da morfologia das populações encontradas nesse trabalho são um começo para ajudar a entender como ocorreram os processos de formação das mesmas e como elas se comportam isoladamente frente a diferentes processos ecológicos e evolutivos, imprescindíveis para biologia da conservação.

No caso da população de *E. iheringii* da Ilha do Arvoredo a questão da conservação se torna ainda mais importante, uma vez que ela se encontra restrita à uma ilha pequena e consequentemente está mais suscetível a pressões ambientais. Contudo, as populações do continente e da Ilha de Santa Catarina também estão suscetíveis a pressões uma vez que a Mata Atlântica sofre com a grande influência da degradação (RIBEIRO et al., 2009).

Por fim, para se examinar mais a fundo quais seriam as origens de formação e isolamento de cada população, sugere-se estudos com abordagem molecular como estudos de filogeografia, por exemplo. Ainda, o estudo da dieta, através da análise do conteúdo estomacal e até mesmo uma análise de isótopos traria novos argumentos para a discussão sobre a diferenciação da forma entre as ilhas e relação do tamanho corporal com o continente.

6 REFERÊNCIAS

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. The brazilian sea-level curves: A critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananeia regions. **Marine Geology**, v. 140, n. 1–2, p. 141–166, 1997.

ARNTZEN, J. W.; SÁ-SOUSA, P. Morphological and genetical differentiation of lizards (*Podarcis bocagei* and *P. hispanica*) in the Ria de Arosa Archipelago (Galicia, Spain) resulting from vicariance and occasional dispersal. In: **Biogeography, time, and place: distributions, barriers, and islands**, p. 365–401, 2007.

AVISE, J. C.; WALKER, D. E. Pleistocene phylogeographic effects on avian populations and the speciation process. **Proceedings of the Royal Society**, v. 265, n. 1395, p. 457–463, 1998.

BARRETO-LIMA, A. F. Distribuição, nicho potencial e ecologia morfológica do gênero *Enyalius* (Squamata, Leiosauridae): testes de hipóteses para lagartos de florestas continentais brasileiras. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BOBACK, S. M.; GUYER, C. Empirical evidence for an optimal body size in snakes. **Evolution**, v. 57, n. 2, p. 345–351, 2003.

BRANCO, J. O. Aves Marinhas Das Ilhas De Santa Catarina. Editora da Univali, n. 1988, p. 15–36, 2004.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. Biogeografia. FUNPEC Editora, 2a edição, 2006.

CAMPOS, A. V. Caracterização morfológica e sedimentar do substrato das Baías Norte e Sul (SC) com base em técnicas de análise espacial. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CLEGG, S. M.; OWENS, P. F. The island rule in birds: medium body size and its ecological explanation. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1498, p. 1359–1365, 2002.

COOPER, J. A. G. et al. Late Quaternary stratigraphic evolution of the inner continental shelf in response to sea-level change, Santa Catarina, Brazil. **Marine Geology**, v. 397, p. 1–14, 2018.

CORRÊA, I. C. S. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. **Marine Geology**, v. 130, n. 1–2, p. 163–178, 1996.

COSTA, H. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 11–57, 2018.

ETHERIDGE, R. A review of the iguanid lizard genus *Enyalius*. **Bulletin of the British Museum** (Natural History), v. 18, n. 8, p. 233–260, 1969.

FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M. Island biogeography: Shaped by sea-level shifts. **Nature**, v. 532, n. 7597, p. 42–43, 2016.

FISHER, R. N. Dispersal and evolution of the Pacific Basin gekkonid lizards *Gehyra oceanica* and *Gehyra mutilata*. **Evolution**, v. 51, n. 3, p. 906–921, 1997.

FOSTER, J. B. Evolution of mammals on islands. **Nature**, v. 202, n. 4929, p. 234, 1964.

GRANT, P. R. The adaptive significance of some size trends in island birds. **Evolution**, v. 19, n. 3, p. 355–367, 1965.

GRAZZIOTIN, F. G. et al. Phylogeography of the Bothrops jararaca complex (Serpentes: Viperidae): Past fragmentation and island colonization in the Brazilian Atlantic Forest. **Molecular Ecology**, v. 15, n. 13, p. 3969–3982, 2006.

GUILDERSON, T. P. et al. Late Pleistocene sea level variations derived from the Argentine Shelf. **Geochemistry Geophysics Geosystems**, v. 1, 2000.

JACKSON, J. F. Differentiation in the genera *Enyalius* and *Strobilurus* (Iguanidae): implications for Pleistocene climatic changes in eastern Brazil. **Arquivos de Zoologia**, 1978.

JÚNIOR, V. A. P. O relevo do território catarinense. **Geosul**, v. 1, n. 2, p. 7–69, 1986.

KLEIN, R. M.; RODRIGUEZ, H. B.; OTHERS. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. In: Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. **IOESC**, 1978.

KLINGENBERG, C. P. MorphoJ: An integrated software package for geometric morphometrics. **Molecular Ecology Resources**, v. 11, n. 2, p. 353–357, 2011.

KÖHLER, G. Characters of external morphology used in *Anolis* taxonomy-Definition of terms, advice on usage, and illustrated examples. **Zootaxa**, v. 3774, n. 3, p. 201–257, 2014.

LAWLOR, T. E. The evolution of body size in mammals: evidence from insular populations in Mexico. **The American Naturalist**, v. 119, n. 1, p. 54–72, 1982.

LINGNER, D. V. et al. Fitossociologia do componente arbóreo/arbustivo da Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. Inventário florístico florestal de Santa Catarina. In: **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**, v. 4, p. 159–200, 2013.

LIU, N. S. História natural de duas espécies simpátricas de *Enyalius* (Squamata, Leiosauridae) na Mata Atlântica do sudeste brasileiro. Dissertação de Mestrado (Instituto de Biociência da USP), p. 124, 2008.

LOMOLINO, M. V. Body size evolution in insular vertebrates: Generality of the island rule. **Journal of Biogeography**, v. 32, n. 10, p. 1683–1699, 2005.

LOMOLINO, M. V. Biogeography, overview. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 1, p. 455–469, 2001.

MACHADO, A. A. Fundação Universidade Federal do Rio Grande Departamento de Oceanologia Estudo da Contaminação por Resíduos Sólidos na Ilha do Arvoredo: Principal Ilha da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (RBMA), SC. TCC, Universidade Federal do Rio Grande, 2006.

MARQUES, O. A. V.; MARTINS, M.; SAZIMA, I. A new insular species of pitviper from Brazil, with comments on evolutionary biology and conservation of the *Bothrops Jararaca* group (Serpentes, Viperidae). **Herpetologica**, v. 58, n. 3, p. 303–312, 2002.

MAZZER, A.; DILLENBURG, S. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 1, p. 117–135, 2009.

MEIRI, S. Size evolution in island lizards. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 702–708, 2007.

OSWALD, C. B. O status taxonômico de *Ischnocnema manezinho* (Garcia, 1996) (Anura: Brachycephalidae). Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zoologia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

PAFILIS, P. et al. Intraspecific competition and high food availability are associated with insular gigantism in a lizard. **Naturwissenschaften**, v. 96, n. 9, p. 1107–1113, 2009.

PORTO FILHO, E. Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências), 1993.

RAUTENBERG, R.; LAPS, R. R. Natural history of the lizard *Enyalius iheringii* (Squamata, Leiosauridae) in southern Brazilian Atlantic forest. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 100, n. 4, p. 287–290, 2010.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

RODRIGUES, M. T. et al. Molecular phylogeny, species limits, and biogeography of the Brazilian endemic lizard genus *Enyalios* (Squamata: Leiosauridae): An example of the historical relationship between Atlantic Forests and Amazonia. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 81, p. 137–146, 2014.

ROHLF, F. J. tpsDig 2.10. Stony Brook, NY: Department of Ecology and Evolution, State University of New York, 2006.

RUNEMARK, A. et al. Vicariance divergence and gene flow among islet populations of an endemic lizard. Runemark, A., Hey, J., Hansson, B., & Svensson, E. I. (2012). Vicariance divergence and gene flow among islet populations of an endemic lizard. **Molecular Ecology**, v. 21, n. 1, p. 117–129, 2012.

RUNEMARK, A.; SAGONAS, K.; SVENSSON, E. I. Ecological explanations to island gigantism: Dietary niche divergence, predation, and size in an endemic lizard. **Ecology**, v. 96, n. 8, p. 2077–2092, 2015.

SAGONAS, K. et al. Insularity affects head morphology, bite force and diet in a Mediterranean lizard. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 112, p. 469–484, 2014.

SAZIMA, I.; HADDAD, C. F. B. Répteis da Serra do Japi: notas sobre História Natural. In: **História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal do sudeste do Brasil**, Editora Unicamp n. June, p. 212–236, 1992.

SENCZUK, G. et al. Morphometric and genetic divergence in island and mainland populations of *Anolis nebulosus* (Squamata: Polychrotidae) from Jalisco (Mexico): An instance of insular gigantism. **Italian Journal of Zoology**, v. 81, n. 2, p. 204–214, 2014.

SILVA, M.; FILHO, N. O. H. Os depósitos tectogênicos construídos no mapeamento geológico de planícies costeiras: o caso da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 05, n. 2, p. 112–120, 2014.

SLICE, D. E. Geometric morphometrics. **Annual Review of Anthropology**, v. 36, 2007.

SOUZA, J. A. G. DE. Caracterização morfossedimentar da plataforma continental interna da Enseada do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, SC. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TEAM, R. C. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2018, 2018.

TOMAZZOLI, E. R.; LIMA, E. F. D. E. Magmatismo Ácido-Básico na Ilha Do Arvoredo – SC. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 01, p. 57–71, 2006.

VAN DER HAMMEN, T. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. **Journal of Biogeography**, v. 1, n. 1, p. 3–26, 1974.

VAN SLUYS, M.; FERREIRA, V. M.; ROCHA, C. F. D. Natural history of the lizard *Enyalius brasiliensis* (Lesson, 1828) (Leiosauridae) from an Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 2, p. 353–356, 2004.

VAN VALEN, L. A new evolutionary law. **Evolutionary Theory**, v. 1, p. 1–30, 1973.

VIBRANS, A. C. et al. Using satellite image-based maps and ground inventory data to estimate the area of the remaining Atlantic forest in the Brazilian state of Santa Catarina. **Remote Sensing of Environment**, v. 130, p. 87–95, 2013.

VIDAL, M. A.; VELOSO, A.; MÉNDEZ, M. A. Insular morphological divergence in the lizard *Liolaemus pictus* (Liolaemidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 27, n. 1, p. 103–111, 2006.

WHITTAKER, R. J. et al. Conservation biogeography: Assessment and prospect. **Diversity and Distributions**, v. 11, n. 1, p. 3–23, 2005.

WHITTAKER, R. J.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M. Island biogeography: ecology, evolution, and conservation. Oxford University Press, 2007.

ZAMPROGNO, C.; ZAMPROGNO, M.; TEIXEIRA, R. L. Evidence of terrestrial feeding in the arboreal lizard *Enyalius bilineatus* (Sauria, Polychrotidae) of south-eastern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 1, p. 91–94, 2001.